

PAT-NO: JP409181525A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 09181525 A
TITLE: ON-VEHICLE ANTENNA SYSTEM
PUBN-DATE: July 11, 1997

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

SESHIMO, KIYOSHI
SHIBA, YOSHIKIYO
TAKAHASHI, NAOTO

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

NHK SPRING CO LTD

COUNTRY

N/A

APPL-NO: JP07338973

APPL-DATE: December 26, 1995

INT-CL (IPC): H01Q021/30, H01Q001/32 , H01Q013/08

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To make it possible to arrange a compact integrated body consisting of plural antennas having different object frequency bands in a vehicle by mutually connecting the lower parts of a T-shaped antenna and a reverse L-shaped antenna and forming an integrated body.

SOLUTION: Two pairs of antenna elements 11, 12 are formed based upon a diversity system. The element 11 consists of a metallic plate integrally formed by mutually connecting the lower parts of an reverted L-shaped antennas 11b, 11b through a T-shaped antenna 11a. The element 12 consists of a metallic plate integrally formed by mutually connecting the lower parts of a T-shaped

antenna 12a and a reverse L-shaped antenna 12b. These elements 11, 12 are erected on a rectangular ground plate in parallel along its longitudinal direction. The ground plate 13 is constituted of forming a copper foil layer on the erected parts of the elements 11, 12 and two antenna connection terminals 15, 16 are formed through a wiring pattern 14 directly led out from the lower part of the element 11 is formed on the surface of the copper foil layer.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-181525

(43) 公開日 平成9年(1997)7月11日

(51) Int.Cl. ⁹	識別記号	片内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 Q 21/30			H 0 1 Q 21/30	
1/32			1/32	Z
13/08			13/08	

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 7 頁)

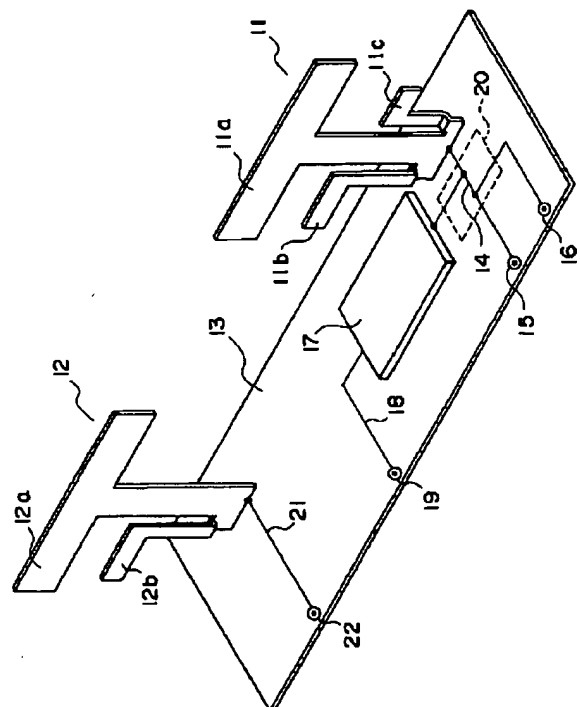
(21) 出願番号	特願平7-338973	(71) 出願人	000004640 日本発条株式会社 神奈川県横浜市金沢区福浦3丁目10番地
(22) 出願日	平成7年(1995)12月26日	(72) 発明者	瀬下 清 神奈川県横浜市金沢区福浦3丁目10番地 日本発条株式会社内
		(72) 発明者	芝 喜清 神奈川県横浜市金沢区福浦3丁目10番地 日本発条株式会社内
		(72) 発明者	高橋 直人 神奈川県横浜市金沢区福浦3丁目10番地 日本発条株式会社内
		(74) 代理人	弁理士 鈴江 武彦

(54) 【発明の名称】 車載用アンテナ装置

(57) 【要約】

【課題】対象周波数帯域の異なる複数のアンテナ素子を1つにまとめ、車内に設置することが可能な小型の車載用アンテナ装置とする。

【解決手段】T字形アンテナ11a、12a及びこのT字形アンテナより対象周波数帯域の高い少なくとも1つの逆L字形アンテナ11b、11c、12bをその下部を結合して一体に形成した金属平板よりなる2組のアンテナ素子11、12と、これらアンテナ素子11、12を立設し、少なくとも一面に形成した金属箔のギャップ部より上記アンテナ素子に給電する地板13とを備える。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 T字形アンテナ及びこのT字形アンテナより対象周波数帯域の高い少なくとも1つの逆L字形アンテナとをその下部を結合して一体に形成した金属平板よりなるアンテナ素子と、

このアンテナ素子を立設し、少なくとも一面に形成した金属箔のギャップ部より上記アンテナ素子に給電する地板とを具備したことを特徴とする車載用アンテナ装置。

【請求項2】 T字形アンテナ及びこのT字形アンテナより対象周波数帯域の高い少なくとも1つの逆L字形アンテナとをその下部を結合して一体に形成した金属平板よりなるダイバシティ方式の2組以上のアンテナ素子と、

これらアンテナ素子を立設し、少なくとも一面に形成した金属箔のギャップ部より上記各アンテナ素子に給電する地板と、

上記2組以上のアンテナ素子の対応するT字形アンテナまたは逆L字形アンテナの一つを第1の移動体通信の受信または送信専用とし、他を送信及び受信と上記第1の移動体通信と対象周波数帯域の近接した第2の移動体通信の受信とで兼用する場合にこの第2の移動体通信の受信信号の周波数帯域成分を抽出するフィルタ回路とを具備したことを特徴とする車載用アンテナ装置。

【請求項3】 上記アンテナ素子のT字形アンテナと少なくとも1つの逆L字形アンテナの間のインピーダンス整合を行なう整合回路をさらに具備したことを特徴とする請求項1または2記載の車載用アンテナ装置。

【請求項4】 上記アンテナ素子のT字形アンテナで800MHz帯の移動体電話を、第1の逆L字形アンテナで1.5GHz帯の移動体電話及び1.575GHz帯のGPS(Global Positioning System)信号を対象とし、

上記フィルタ回路は上記第1の逆L字形アンテナの受信信号から上記GPS信号を抽出することを特徴とする請求項2記載の車載用アンテナ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、例えば移動体電話やGPSナビゲーション装置等に使用される複数の周波数帯域の電波を送受信する車載用アンテナ装置に関する。

【0002】

【従来の技術】近時、自動車用携帯電話が広く普及し、800MHz帯のみならず1.5GHz帯までその使用周波数帯域が拡大される一方で、GPS(Global Positioning System)衛星からの到来電波を利用したナビゲーション装置もまた広く普及し、さらに近い将来には電波ビーコンを用いたVICS(Vehicle Information & Communication System: 道路交通情報通

2

信システム)も実用化が予定されるなど、自動車で使用される通信メディアが増加するにつれて、自動車に取付けなければならない、それぞれの使用周波数帯域に対応したアンテナの数も増える傾向にある。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】上記のように多数のアンテナを1台の自動車に取付けなければならない場合、ただ単に美観を損ねるという不具合だけではなく、破壊、盗難を招き易いという問題や、さらには複数の配線を車外から車内へ引込まなくてはならないなど配線上の問題をも生じることとなる。

【0004】本発明は上記のような実情に鑑みてなされたもので、その目的とするところは、対象周波数帯域の異なる複数のアンテナ素子を1つにまとめ、車内に設置することが可能な小型の車載用アンテナ装置を提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】請求項1記載の発明は、T字形アンテナ及びこのT字形アンテナより対象周波数帯域の高い少なくとも1つの逆L字形アンテナとをその下部を結合して一体に形成した金属平板よりなるアンテナ素子と、このアンテナ素子を立設し、少なくとも一面に形成した金属箔のギャップ部より上記アンテナ素子に給電する地板とを具備したことを特徴とする。

【0006】このような構成とすることにより、対象周波数帯域の異なる複数のアンテナを1組のアンテナとして小型一体化することができ、車内に設置することが充分可能となる。

【0007】請求項2記載の発明は、T字形アンテナ及びこのT字形アンテナより対象周波数帯域の高い少なくとも1つの逆L字形アンテナとをその下部を結合して一体に形成した金属平板よりなるダイバシティ方式の2組以上のアンテナ素子と、これらアンテナ素子を立設し、少なくとも一面に形成した金属箔のギャップ部より上記各アンテナ素子に給電する地板と、上記2組以上のアンテナ素子の対応するT字形アンテナまたは逆L字形アンテナの一つを第1の移動体通信の受信または送信専用とし、他を送信及び受信と上記第1の移動体通信と対象周波数帯域の近接した第2の移動体通信の受信とで兼用する場合にこの第2の移動体通信の受信信号の周波数帯域成分を抽出するフィルタ回路とを具備したことを特徴とする。

【0008】このような構成とすることにより、ダイバシティ方式にも対応し、対象周波数帯域の異なる複数のアンテナを1組のアンテナとして小型一体化することができ、車内に設置することが充分可能となると共に、特に対象周波数帯域の近接した2つのアンテナに対してはこれを1つのアンテナを共用化することとし、一組のアンテナ素子を構成するアンテナ数を減少させることで、さらに小型化に寄与することができる。

【0009】請求項3記載の発明は、上記請求項1または2記載の発明において、上記アンテナ素子のT字形アンテナと少なくとも1つの逆L字形アンテナの間のインピーダンス整合を行なう整合回路をさらに具備したことを特徴とする。

【0010】このような構成とすることにより、上記請求項1または2記載の発明の作用に加えて、1組のアンテナ素子を構成する複数のアンテナ間の整合をとることで、各アンテナ送受信特性を向上させることができる。

【0011】請求項4記載の発明は、上記請求項2記載の発明において、上記アンテナ素子のT字形アンテナで800MHz帯の移動体電話を、第1の逆L字形アンテナで1.5GHz帯の移動体電話及び1.575GHz帯のGPS信号を対象とし、上記フィルタ回路は上記第1の逆L字形アンテナの受信信号から上記GPS信号を抽出することを特徴とする。

【0012】このような構成とすることにより、上記請求項2記載の発明の作用に加えて、特に自動車用移動体電話で設定されている800MHz帯と1.5GHz帯の双方に対応することができると共に、1.5GHz帯の自動車用移動体電話と対象周波数帯域が近接しているナビゲーション装置等で利用される1.575GHz帯のGPS信号の受信用アンテナとを共用化することができる。

【0013】

【発明の実施の形態】以下本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。図1はその基本外観構成を示す斜視図であり、11、12はダイバシティ方式に基づいて設けられた2組のアンテナ素子である。

【0014】アンテナ素子11は、800MHz帯の自動車用移動体電話を対象としたT字形アンテナ11aを中心に、このT字形アンテナ11aを挟むようにして1.5GHz帯の自動車用移動体電話及び1.575GHz帯のGPS信号を対象とした逆L字形アンテナ11bと、2.499GHz帯の電波ビーコンを用いたVICSを対象とした逆L字形アンテナ11cとがその下部を結合して一体に形成した金属平板よりなるものであり、例えば銅板、ブリキ板、真ちゅう板等をプレス加工した後、逆L字形アンテナ11bと逆L字形アンテナ11cとを図中に示す如く互いに方向が異なるようにその脚部下方をクランク状に折曲形成している。

【0015】また、アンテナ素子12は、VICSを対象とした逆L字形アンテナ11cに対応する部分がないことを除けばほぼアンテナ素子11と同様の構成であり、800MHz帯の自動車用移動体電話を対象としたT字形アンテナ12aと1.5GHz帯の自動車用移動体電話を対象とした逆L字形アンテナ12bとがその下部を結合して一体に形成した金属平板よりなる。

【0016】これらアンテナ素子11、12は、共に矩形の地板13上に長手方向に沿って並列に立設される。

この地板13は、詳細は後述するが例えばエポキシガラス基板の裏面はほぼ全面と表面のアンテナ素子11、12立設部に銅箔層を形成したもので、その表面にはアンテナ素子11の下部から直接導出した配線パターン14を介して2つのアンテナ接続端子15、16が形成され、またこの配線パターン14から導出するようにして後述するGPS信号選択回路17が表面実装されると共に、このGPS信号選択回路17を介してさらに配線パターン18とアンテナ接続端子19が形成される。

【0017】上記配線パターン14は、アンテナ素子11が常時3つの周波数帯域のアンテナとして動作するためにそれぞれの送受信特性が劣化することのないよう、インピーダンス整合回路20を構成している。

【0018】さらに地板13の表面には、アンテナ素子12の下部から直接導出した配線パターン21を介してアンテナ接続端子22が形成される。上記のようなダイバシティ方式の構成にあって、一方のアンテナ素子12を受話専用のものとして固定的に使用し、T字形アンテナ12aによる800MHz帯または逆L字形アンテナ12bによる1.5GHz帯（これらを同時に使用することはあり得ないものとする）の自動車用移動体電話の受信信号を配線パターン18を介してアンテナ接続端子19より取出すものとする。

【0019】また、他方のアンテナ素子11は、T字形アンテナ11aによる800MHz帯または逆L字形アンテナ12bによる1.5GHz帯の自動車用移動体電話の送話と受話を切換えて使用し、加えて同じく逆L字形アンテナ12bにより1.575GHz帯のGPS信号の受信信号を取出し、また逆L字形アンテナ11cにより2.499GHzのVICS電波ビーコンの受信信号を取出すものである。

【0020】次に上記アンテナ素子11、12の詳細な構成を説明する。図2(a)、(b)はアンテナ素子11の正面図、図2(b)は右側面図であり、上述した如くアンテナ素子11はT字形アンテナ11aを中心に逆L字形アンテナ11bと逆L字形アンテナ11cとがその下部を結合して一体に形成した金属平板よりなるものであり、図2(a)に示すようにT字形アンテナ11aの脚部と逆L字形アンテナ11b及び11cの頂部及び脚部との間には若干のスリットを構成するもので、逆L字形アンテナ11bと逆L字形アンテナ11cとを図2(b)に示すように互いに方向が異なるようにその脚部下方をクランク状に折曲形成して形成している。また、T字形アンテナ11aの下端には、地板13に挿入して立設するための突起部11dが設けられる。

【0021】また、上記図2(a)、(b)はアンテナ素子11の構成を示したものであるが、アンテナ素子12はこのアンテナ素子11の逆L字形アンテナ11cを省略したのみの構成であるので、アンテナ素子12の構成については説明を省略する。

5

【0022】しかるに、上記アンテナ素子11、12の構成に対して、これらを立設する地板13は図3に示すように構成される。図3(a)は上記配線パターン14、18、21やアンテナ接続端子15、16、19、22及びGPS信号選択回路17を除いた地板13の表面側の基本構成を示すもので、アンテナ素子11、12の下端の突起部11d(、12d)を挿入するために形成されたスリット31、32を中心として銅箔による接地領域33、34が形成されている。

【0023】またこの地板13の裏面は、図3(b)に示すように上記スリット31、32を中心として形成された銅箔による接地領域35、36に対し、一定間隔、例えば幅1[mm]のギャップを設けて他の全面に銅箔層37を形成するもので、該ギャップよりアンテナ素子11、12に対して給電がなされることとなる。

【0024】上記スリット31、32は、アンテナ素子11、12の下端の突起部11d(、12d)を挿入すべく該突起部11d(、12d)の幅m、板厚Tにそれぞれ例えば0.1[mm]ずつ若干の余裕を設けて嵌合形成されるもので、このスリット31、32にアンテナ素子11、12の下端の突起部11d(、12d)を挿入した状態で半田付けを行なうことにより、地板13にアンテナ素子11、12が立設し、アンテナ素子11、12と地板13表面の接地領域33、34、同裏面の接地領域35、36がそれぞれ電気的に接続されることとなる。

【0025】図4は上記GPS信号選択回路17、インピーダンス整合回路20を中心とした、地板13上に設けられ、アンテナ素子11に接続される回路構成を示したものである。

【0026】GPS信号選択回路17は、配線パターン14、インピーダンス整合回路20を介して得られるアンテナ素子11の逆L字形アンテナ11bでの受信信号中からGPS信号を抽出するための狭帯域のGPS用バンドパスフィルタ(BPF)41と、このGPS用BPF41で得られたGPS信号を一定レベルまで増幅するGPS用プリアンプ42とで構成される。

【0027】すなわち、図5に示すように1.5GHz帯の自動車用移動体電話は、正確には1.429GHz乃至1.453GHzが送話用の周波数帯域、1.477GHz乃至1.501GHzが受話用の周波数帯域となっており、これに対してGPS信号の周波数帯は1.575GHzとなっているので、上記GPS用BPF41はこのGPS信号の成分のみを通過させてGPS用プリアンプ42で増幅させる。しかるに、GPS用プリアンプ42で増幅されたGPS信号は配線パターン18を介してアンテナ接続端子19より図示しないGPSデコーダに導出される。

【0028】次いで、上記アンテナ素子11、12を始めとする各部の具体的な寸法について例示する。ここで

6

は、上記図2に示す如くアンテナ素子11各部の板厚をT、T字形アンテナ11aの頂部の長さをL1、同頂部の幅をW1、地板13表面から同頂部中心までの高さをH1、同脚部の幅をM1とし、同様に逆L字形アンテナ11bの頂部の長さをT字形アンテナ11a脚部までのスリットの幅を含んでL2、同頂部の幅をW2、地板13表面から同頂部中心までの高さをH2、同脚部の幅をM2とし、逆L字形アンテナ11cの頂部の長さをT字形アンテナ11a脚部までのスリットの幅を含んでL3、同頂部の幅をW3、地板13表面から同頂部中心までの高さをH3、同脚部の幅をM3とし、T字形アンテナ11a脚部の下端に形成されたアンテナ素子11を地板13に立設させるための突起部11dの幅をm($m < M1$)、同突起部11dの突起量を τ とする。

【0029】また、地板13表面から逆L字形アンテナ11bの折曲部下面間での距離をh2、同折曲部によるT字形アンテナ11aと逆L字形アンテナ11bの各板面中心位置間の距離をn2、地板13表面から逆L字形アンテナ11cの折曲部下面間での距離をh3、同折曲部によるT字形アンテナ11aと逆L字形アンテナ11cの各板面中心位置間の距離をn3とする。

【0030】T字形アンテナ11aで受信する800MHz帯の波長を λ_1 、逆L字形アンテナ11bで受信する1.5GHz帯の波長を λ_2 、逆L字形アンテナ11cで受信する2.499GHz帯の波長を λ_3 とした場合、上記長さL1~L3、高さH1~H3を

$$\begin{aligned} L1 &= 0.22\lambda_1 & H1 &= 0.15\lambda_1 \\ L2 &= 0.1\lambda_2 & H2 &= 0.177\lambda_2 \\ L3 &= 0.1\lambda_3 & H3 &= 0.18\lambda_3 \end{aligned}$$

とすれば、各アンテナの共振周波数を使用周波数に合せることができる。

【0031】このとき、各アンテナの幅W1~W3は、利得を最大とするために

$$\begin{aligned} W1 &= 0.03\lambda_1 \\ W2 &= 0.034\lambda_2 \\ W3 &= 0.034\lambda_3 \end{aligned}$$

となる。

【0032】また、各アンテナの脚部の幅M1~M3

は、大きく設定すると帯域を広げることができる反面、

利得が悪化するので、使用帯域を満足し、かつ利得が最大となる値を選択することで、

$$\begin{aligned} M1 &= 0.034\lambda_1 \\ M2 &= 0.024\lambda_2 \\ M3 &= 0.024\lambda_3 \end{aligned}$$

となる。

【0033】距離n2、n3は、大きく設定することでT字形アンテナ11aの受信帯域が改良できるもので、逆に小さくすると当然のようにインピーダンス整合がとれないので、アンテナ素子全体のコンパクトさを損ねない範囲を考慮すると、 $n2 = 0.015\lambda_2$ 、 $n3 =$

0.015λ3となる。

【0034】また、距離h2、h3は、各アンテナ11a～11cのそれぞれがインピーダンス整合をとれるようにするには上記T字形アンテナ11aの脚部を挟むようにして形成されるスリットの深さが影響を与えるため、最適な位置に折曲部を形成するものとする、
h2=0.03λ2、h3=0.03λ3
となる。

【0035】板厚Tは、0.8[mm]と0.5[mm]のいずれを用いて実験した結果も性能に変化は見られなかったため、例えば自動車の振動等の外的環境条件を満足し、さらに軽量、低コストとなるような値を選定すればよい。

【0036】また、アンテナ素子11、12下端の突起部11d、12dの突起量もは、地板13の厚さから例えば0.1[mm]を減じた値とし、突起部11d、12dを地板13に挿入した場合にその下端先端面が地板13裏面より突出することのないようにする。

【0037】なお、アンテナ素子11、12を構成する金属平板の材質としては、上述した如く銅板、ブリキ板、真ちゅう板等のいずれでもほぼ同様の性能が得られることが実験で確認されているため、軽量、低コストとなるような材料を選定すればよい。

【0038】次いで地板13の各寸法について述べる。ここでは、図3に示す如く地板13の長辺の長さをa、同短辺の長さをb、ギャップを含めた接地領域33、34のスリット31、32の方向に沿った幅をX、同ギャップを含めた接地領域33、34のスリット31、32に直交する方向に沿った長さをY、スリット31、32の各中心位置間の距離をD、地板13の短辺の中心位置からスリット31、32までのオフセット量をeとする。

【0039】ギャップを含めた接地領域33、34の幅Xは、例えば上記M1～M3を考慮して
X=M1+M2+M3+6[mm]
とする。また、ギャップを含めた接地領域33、34の長さYは、
Y=0.06λ1
とする。

【0040】スリット31、32の各中心位置間の距離Dは、アンテナ素子11とアンテナ素子12の相関関数を低くとることと、装置全体をコンパクトなものとするとの兼合いから、
D=0.265λ1
とする。

【0041】また、地板13の短辺中心からスリット31、32までのオフセット量eは、車載のアンテナ装置として、例えば後席背部のリアトレイに設置することを考慮すると、ガラスの影響を受け易いために
e=0.03λ1

とする。

【0042】以上を総括して考えた場合、地板13の長辺の長さa及び短辺の長さbは、全体をコンパクトなものにするという点から、

a=0.488λ1、b=0.18λ1
が最適な値となる。

【0043】上記のような各寸法を用いて本発明の実施の形態に係るアンテナ装置を構成した場合には、800MHz帯及び1.5GHz帯の自動車用移動体電話で実質的に通常のダイポールアンテナと同等の利得2.15[dBI]を得ることができ、充分実用に供することが可能となる。

【0044】また、上記図1及び図2で示したアンテナ素子11、12に代えて、図6に示すように逆し字形アンテナ11b、11c(12a、12b)をそれぞれT字形アンテナ11a(12a)に対して左右対称に形成したものを用いれば、より指向性を改善し、移動体上で全方位からの電波の送受を行なうことが可能なアンテナ装置とすることができる。

【0045】なお、上記実施の形態では、アンテナ装置を800MHz帯及び1.5GHz帯の自動車用移動体電話、1.575GHz帯のGPS信号、及び2.499GHzの電波ビーコンによるVICSの各送受用に用いるものとして説明したが、本発明はそれらに限るものではない。

【0046】また、上記図1その他では地板13上にアンテナ素子11、12を立設したものの構成を示したが、実際に車載用アンテナとして例えば自動車内のリアトレイに設置する場合には、これらを一体に包含するような、送受信に大きく悪影響を与えない誘電体によるカバーを取付けるものとしてもよい。その他、本発明はその要旨を逸脱しない範囲内で種々変形可能であり、他の周波数帯域の各種信号の送受用に適用可能であることは勿論である。

【0047】

【発明の効果】以上詳記した如く本発明によれば、対象周波数帯域の異なる複数のアンテナ素子を1つにまとめ、車内に設置することが可能な小型の車載用アンテナ装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の一形態に係る基本外観構成を示す斜視図。

【図2】同実施の形態に係るアンテナ素子の構成を示す図。

【図3】同実施の形態に係る地板の基本構成を示す図。

【図4】同実施の形態に係る主としてGPS信号選択回路の回路構成を示す図。

【図5】GPS信号選択回路による動作を説明するための図。

【図6】同実施の形態に係るアンテナ素子の他の構成を

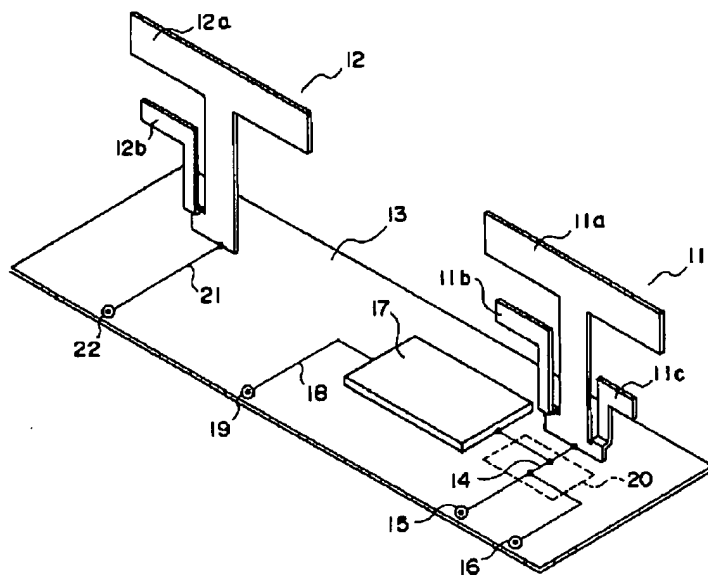
示す図。

【符号の説明】

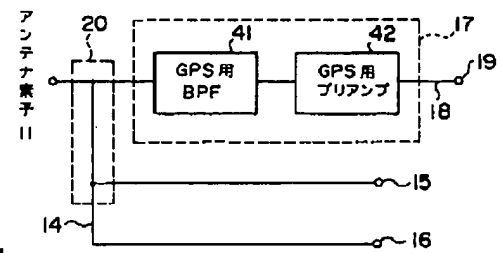
11, 12…アンテナ素子
 11a, 12a…T字形アンテナ
 11a, 11b, 12b…逆L字形アンテナ
 11d…突起部
 13…地板
 14, 18, 21…配線パターン
 15, 16, 19, 22…アンテナ接続端子

16…アンテナ接続端子
 17…GPS信号選択回路
 20…インピーダンス整合回路
 22…アンテナ接続端子
 31, 32…スリット
 33, 34, 35, 36…接地領域
 41…GPS用ハンドパスフィルタ (BPF)
 42…GPS用プリアンプ

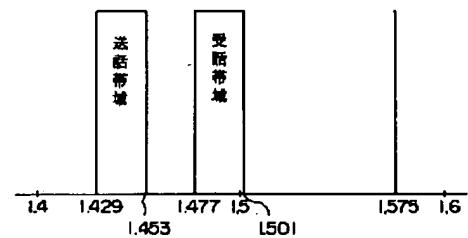
【図1】



【図4】



【図5】



【図2】

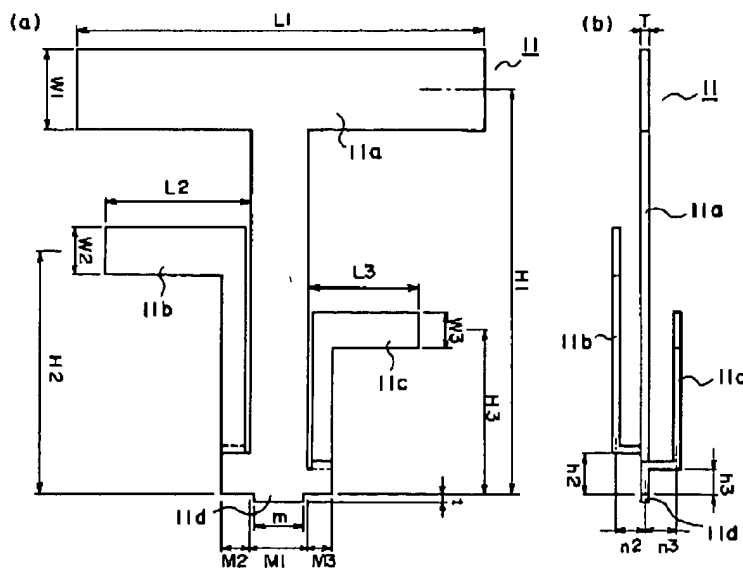


Figure 1 consists of two views of a stepped profile. View (a) is a plan view showing the profile's footprint on a horizontal plane. It features a main rectangular section with width $W1$ and length $L1$. From the bottom edge, there are two sets of steps. The left set has steps of widths $L2$, $L3$, and $L4$ with corresponding heights $W2$, $W3$, and $W4$. The right set has steps of widths $L2$, $L3$, and $L4$ with corresponding heights $H1$, $H2$, and $H3$. The total height of the profile is $H4$. The thickness of the profile is t . View (b) is an elevation view showing the profile's height. It features a main vertical section with height T and thickness t . From the bottom edge, there are two sets of steps. The left set has steps of heights $h1$, $h2$, and $h3$ with corresponding widths $n1$, $n2$, and $n3$. The right set has steps of heights $h1$, $h2$, and $h3$ with corresponding widths $n1$, $n2$, and $n3$. The total width of the profile is $n4$.